



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 38 206 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 06 B 1/16  
E 02 D 3/074

21 Aktenzeichen: 100 38 206.1  
22 Anmeldetag: 4. 8. 2000  
43 Offenlegungstag: 21. 2. 2002

DE 100 38 206 A 1

71 Anmelder:  
Wacker-Werke GmbH & Co KG, 80809 München, DE

74 Vertreter:  
Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667  
München

72 Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

56 Entgegenhaltungen:

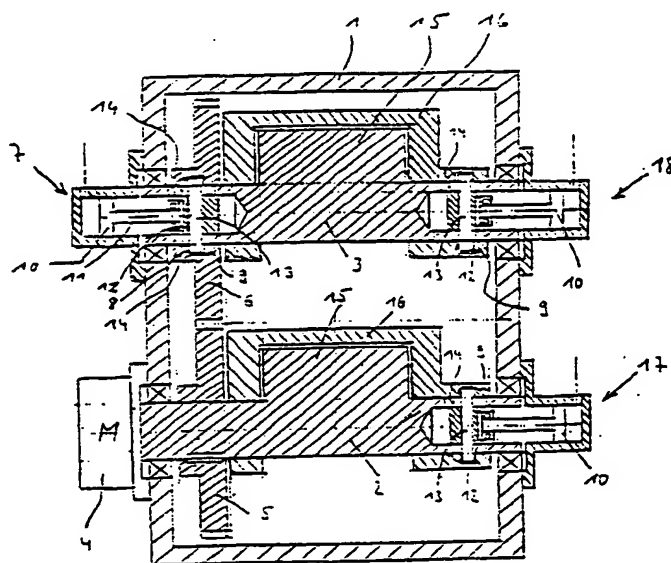
DE	12 14 616 B1
EP	3 58 744 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Regelbarer Schwingungserreger

57 Ein Schwingungserreger weist zwei formschlüssig gegenläufig drehbar gekoppelte Unwuchtwellen (2, 3) auf, deren relative Phasenlage durch eine Phasenänderungseinrichtung (7) veränderbar ist. Jede der Unwuchtwellen (2, 3) trägt eine Hauptunwuchtmasse (15) und eine relativ dazu bewegliche Teilunwuchtmasse (16). Die Stellung der Teilunwuchtmassen (16) auf den zugehörigen Unwuchtwellen (2, 3) ist durch Verstelleinrichtungen (17, 18) aktiv in einem großen Bereich veränderbar. Der durch den Schwingungserreger erzeugte resultierende Schwingungsvektor lässt sich dadurch hinsichtlich Richtung und Betrag in vielfältiger Weise einstellen.



DE 100 38 206 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schwingungserreger gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

[0002] Derartige Schwingungserreger werden z. B. bei Bodenverdichtungsmaschinen, wie z. B. Vibrationsplatten, vorteilhaft eingesetzt und sind aus der EP 0 358 744 B1 bekannt.

[0003] Bei den bekannten Schwingungserregern sind zwei Unwuchtwellen zueinander gegenläufig drehbar gekoppelt, wobei sich ihre relative Phasenlage durch eine Phasenänderungseinrichtung verstellen lässt. Jede der Unwuchtwellen trägt einen starr an ihr angebrachten Unwuchtteil und einen auf ihr über einen vorbestimmten Winkelbereich zwischen durch Anschläge begrenzten Endlagen frei drehbaren Unwuchtteil auf. Die Anschläge bezüglich des starren Unwuchtteils sind so angeordnet, dass die resultierende Gesamtunwucht aus dem starren Unwuchtteil und dem beweglichen Unwuchtteil in der einen Endlage des beweglichen Unwuchtteils einen Maximalwert und in der anderen Endlage einen Minimalwert einnimmt. Der Wechsel der drehbaren Unwuchtteile zwischen den beiden Endlagen wird durch eine Drehrichtungsumkehr der Unwuchtwellen bewirkt, d. h., dass die drehbaren Unwuchtteile in Abhängigkeit von der Drehrichtung der sie tragenden Unwuchtwellen stets die gleiche Endlage einnehmen.

[0004] Durch die relative Verstellung zwischen feststehenden Unwuchtteilen und beweglichen Unwuchtteilen ändert sich jeweils die wirksame resultierende Zentrifugalkraft und damit der sogenannte  $mr$ -Wert (Produkt aus resultierender Unwuchtmasse  $m$  und dem Radius  $r$  des Schwerpunkts der resultierenden Unwuchtmasse). Wenn der starre und der bewegliche Unwuchtteil auf der gleichen Seite der Unwuchtwellen angeordnet sind, addieren sich ihre Zentrifugalkräfte zu einem hohen  $mr$ -Wert. Wenn dagegen der bewegliche Unwuchtteil bezüglich der Unwuchtwellen gegenüber von dem starren Unwuchtteil in seiner anderen Endlage steht, reduziert sich der  $mr$ -Wert auf ein Minimum.

[0005] Ein derartiger Schwingungserreger hat sich in der Praxis hervorragend bewährt. Als nachteilig hat sich allerdings erwiesen, dass zum Verstellen der beweglichen Unwuchtteile in die jeweils gegenüberliegende Endlage eine Drehrichtungsumkehr der Unwuchtwellen erforderlich ist, was einen nicht unerheblichen technischen Aufwand für den Antrieb der Unwuchtwellen bedeutet. Weiterhin ist es vor allem bei der Verwendung der Schwingungserreger bei Bodenverdichtungsmaschinen wünschenswert, die vom Schwingungserreger erzeugte Schwingung optimal an unterschiedliche Böden und Bodenverdichtungszustände auch während der Verdichtung anpassen zu können. Eine derartige Feinanpassung des Schwingungsverhaltens ist bei den bekannten Schwingungserregern nicht möglich, schon gar nicht während des Betriebs.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schwingungserreger anzugeben, dessen Schwingungsparameter, insbesondere die Schwingungsamplitude und -richtung, sich in großen Bereichen frei und vielfältig einstellen lassen.

[0007] Die Aufgabe wird durch einen erfindungsgemäßen Schwingungserreger nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen der Erfindung sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Schwingungserreger sind auf beiden Unwuchtwellen je eine Hauptunwuchtmasse und eine relativ zu der Hauptunwuchtmasse bewegliche Teilunwuchtmasse angeordnet, wobei eine erste Verstelleinrichtung zum aktiven Verstellen der Phasenlage zwischen der Haupt- und der Teilunwuchtmasse der ersten Unwucht-

welle sowie eine zweite Verstelleinrichtung zum aktiven Verstellen der Phasenlage zwischen der Haupt- und der Teilunwuchtmasse der zweiten Unwuchtwellen vorgesehen sind. Die Verstelleinrichtungen ermöglichen es, dass nahezu beliebige Phasenlagen zwischen Haupt- und Teilunwuchtmassen eingestellt werden können. Da die Verstelleinrichtungen aktiv wirksam sind, ist eine Drehrichtungsumkehr der Unwuchtwellen – wie z. B. beim Stand der Technik – nicht erforderlich. Darüber hinaus ist die Veränderung der Phasenlage nicht nur auf zwei durch Anschläge bestimmte Endstellungen begrenzt. Wenn die Verstelleinrichtungen unabhängig voneinander angesteuert sind, ist es auch möglich, auf der ersten Unwuchtwellen eine andere Phasenlage zwischen Haupt- und Teilunwuchtmasse einzustellen als auf der zweiten Unwuchtwellen. Auch dadurch lassen sich in vielfältiger Weise bestimmte Schwingungsmuster einstellen, die vorteilhaft z. B. zur Bodenverdichtung nutzbar sind.

[0009] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform sind die Verstelleinrichtungen und die die Phasenlage der beiden Unwuchtwellen bestimmende Phasenänderungseinrichtung fremdenergieversorgt und weisen jeweils eine separate Ansteuerung auf. Da sich somit die Verstelleinrichtungen und die Phasenänderungseinrichtung individuell betätigen lassen, ist eine nahezu unendliche Vielfalt von Schwingungsmustern, d. h. insbesondere Amplituden und resultierenden Schwingungsrichtungen einstellbar.

[0010] Bei einer anderen vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung sind zwar die erste Verstelleinrichtung und die Phasenänderungseinrichtung fremdenergieversorgt und jeweils individuell ansteuerbar. Die zweite Verstelleinrichtung jedoch weist keine eigene Fremdenergieversorgung auf und wird über die Wirkung der ersten Verstelleinrichtung oder der Phasenänderungseinrichtung angesteuert. Vorteilhafterweise erfolgt die Ansteuerung mittels einer formschlüssigen Kopplung, so dass eine Verstellwirkung durch die erste Verstelleinrichtung oder durch die Phasenänderungseinrichtung unmittelbar auch eine Verstellwirkung der zweiten Verstelleinrichtung bedeutet, dass das Einstellenspektrum nicht mehr ganz so breit ist, da die zweite Verstelleinrichtung nicht individuell ansteuerbar ist. Umgekehrt jedoch hat ihre Kopplung mit der ersten Verstelleinrichtung und/oder der Phasenänderungseinrichtung den Vorteil, dass eine Synchronisation der Bewegungen, insbesondere eine Synchronisation der Verstellung der Teilunwuchtmassen auf den zugehörigen Unwuchtwellen sehr einfach ist und vom Bediener keinen besonderen Steuerungsaufwand zur Synchronisation der Verstellungen erfordert. Eine eventuell bei der oben beschriebenen Ausführungsform erforderliche Synchronsteuerung für die Verstelleinrichtungen zur phasengleichen Verstellung der Teilunwuchtmassen auf der zugehörigen Unwuchtwellen entfällt somit.

[0011] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Teilunwuchtmassen relativ zu den Hauptunwuchtmassen unter Ansteuerung der entsprechenden Verstelleinrichtung verdrehbar und übergreifen die Hauptunwuchtmassen in Form von Halbschalen.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Verstelleinrichtungen und die Phasenänderungseinrichtung jeweils eine beliebige, kontinuierliche Änderung und danach eine Fixierung der jeweiligen Phasenlagen ermöglichen. Die Fixierung der Phasenlage stellt sicher, dass ein vom Bediener einmal eingestelltes Schwingungsverhalten des Schwingungserregers und eine daraus resultierende Relativlage der Unwuchtwellen und der von ihnen getragenen Unwuchtmassen auch über einen längeren Zeitraum konstant gehalten wird.

[0013] Wenn die Phasenlagen in einem Bereich von bis zu  $360^\circ$  veränderbar sind, lässt sich jede beliebige Schwin-

gungsrichtung und -amplitude im Rahmen der durch den mechanischen Aufbau bestimmten Grenzwerte einstellen.

[0014] Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 einen schematischen Schnitt in der Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Schwingungserreger gemäß einer ersten Ausführungsform;

[0016] Fig. 2 ein Schema zur Verdeutlichung unterschiedlicher Relativstellungen von Unwuchtwellen und Unwuchtmassen bei der ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0017] Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung in der Draufsicht eines Schwingungserregers gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung; und

[0018] Fig. 4 ein Schema zur Erläuterung von Relativstellungen von Unwuchtwellen und Unwuchtmassen bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0019] Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform der Erfindung in einer Draufsicht.

[0020] In einem Erregergehäuse 1 sind eine erste Unwuchtwelle 2 und eine zweite Unwuchtwelle 3 drehbar gelagert. Die erste Unwuchtwelle 2 wird über einen Motor 4, z. B. einen Elektro- oder Hydraulikmotor, drehend angetrieben. Die Drehbewegung der ersten Unwuchtwelle 2 wird über miteinander kämmende Zahnräder 5, 6 auf die zweite Unwuchtwelle 3 formschlüssig übertragen, die sich somit zur ersten Unwuchtwelle 2 gegenläufig dreht.

[0021] An der zweiten Unwuchtwelle 3 ist im Kraftfluss des Formschlusses zwischen der ersten Unwuchtwelle 2 und der zweiten Unwuchtwelle 3 eine Phasenänderungseinrichtung 7 vorgesehen, die es ermöglicht, die relative Phasenlage zwischen der ersten und der zweiten Unwuchtwelle 2, 3 zu verändern.

[0022] Bestandteil der Phasenänderungseinrichtung 7 ist eine am Zahnrad 6 ausgebildete Nabe 8, auf deren Innenseite eine, vorzugsweise zwei, im Wesentlichen schräg verlaufende, schraubenförmige Nut(en) 9 ausgebildet sind.

[0023] Zu der Phasenänderungseinrichtung 7 gehört weiterhin ein hydraulisch axial betätigbarer Kolben 10, mit dem über eine Kolbenstange 11 ein Führungselement 12 ebenfalls axial bewegt werden kann. Das Führungselement 12 trägt einen sich senkrecht zur Drehachse der zweiten Unwuchtwelle 3 erstreckenden Stift 13. Im Bereich des Stiftes 13 ist die zweite Unwuchtwelle 3 als Hohlwelle ausgebildet und mit gegenüberliegenden, zueinander parallelen, sich parallel zur Achsrichtung erstreckenden Schlitzen 14 versehen, die die Wellenwandung durchsetzen. Die Länge der Schlitze 14 entspricht im Wesentlichen der axialen Erstreckung der schraubenförmigen Nut 9 im Zahnrad 6. Der Stift 13 durchragt die Schlitze 14 und erstreckt sich bis in die Nut 9, bzw. gegebenenfalls in zwei gegenüberliegende Nuten 9.

[0024] Der Kolben 10 wird vom Bediener oder über eine entsprechende Steuerungseinrichtung hydraulisch angesteuert. Alternativ dazu sind auch pneumatische, elektromotorische oder elektromagnetische Ansteuerungen des Kolbens 10 möglich.

[0025] Während der Kolben 10 mit der Kolbenstange 11 drehfest mit dem Erregergehäuse 1 verbunden ist, drehen sich das Führungselement 12 und der Stift 13 mit der zweiten Unwuchtwelle 3. Dementsprechend ist ein Wälz- oder Gleitlager zur Entkopplung der Bewegungen vorgesehen.

[0026] Wenn der Kolben 10 mit der Kolbenstange 11 und dem Führungselement 12 axial verlagert wird, bewegt sich auch der Stift 13 axial. Eine Verdrehung des Stiftes 13 relativ zu der zweiten Unwuchtwelle 3 ist ausgeschlossen, da er in den Schlitzen 14 geführt wird. Aufgrund des schraubenförmigen Verlaufs der Nuten 9 im Zahnrad 6 wird das axial nicht verschiebbare Zahnrad 6 relativ zu der zweiten Un-

wuchtwelle 3 verdreht. Da das Zahnrad 6 aber direkt formschlüssig über das Zahnrad 5 mit der ersten Unwuchtwelle 2 gekoppelt ist, wird dadurch eine Veränderung der Phasenlage zwischen beiden Unwuchtwellen 2, 3 bewirkt.

[0027] Dieses Prinzip ist aus der EP 0 358 744 B1 bekannt und bedarf daher keiner weiteren Erläuterung.

[0028] Jede der Unwuchtwellen 2, 3 trägt eine in Fig. 1 nur schematisch dargestellte Hauptunwuchtmasse 15 und eine auf der jeweiligen Unwuchtwelle 2, 3 relativ zur der Hauptunwuchtmasse 15 verdrehbare Teilunwuchtmasse 16, die die Hauptunwuchtmasse 15 halbschalenförmig übergreift.

[0029] Die Verdrehung der Teilunwuchtmassen 16 auf den zugehörigen Unwuchtwellen 2, 3 und damit eine Veränderung der Phasenlagen zwischen den Hauptunwuchtmassen 15 und den zugehörigen Teilunwuchtmassen 16 wird an der ersten Unwuchtwelle 2 durch eine erste Verstelleinrichtung 17 und an der zweiten Unwuchtwelle 3 durch eine zweite Verstelleinrichtung 18 bewirkt. Die Teilunwuchtmassen 16 sind auf den Unwuchtwellen 2, 3 durch Gleitlager gehalten.

[0030] Die Verstelleinrichtungen 17, 18 arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie die Phasenänderungseinrichtung 7, so dass auf die dazu bereits erfolgte Beschreibung Bezug genommen wird und zur Vereinfachung gleiche Bezugszeichen verwendet werden. Jeweils durch Ansteuerung des Kolbens 10 der ersten Verstelleinrichtung 17 oder der zweiten Verstelleinrichtung 18 lässt sich die zugehörige Teilunwuchtmasse 16 relativ zu der zugehörigen Hauptunwuchtmasse 15 in einen Bereich von bis zu 180° verdrehen.

[0031] In Fig. 1 ist ein Fall dargestellt, in dem die Teilunwuchtmassen 16 durch die Verstelleinrichtungen 17, 18 in einer Stellung gehalten werden, in der sie sich bezüglich der Drehachsen der Unwuchtwellen 2, 3 auf der gleichen Seite wie die Hauptunwuchtmassen 15 befinden. Dementsprechend addieren sich die Zentrifugalkräfte zu einer großen gesamtresultierenden Kraft, was zu einer starken Schwingung und damit Verdichtungsleistung einer den Schwingungserreger verwendenden Bodenverdichtungsmaschine führen kann.

[0032] Bei gleichzeitiger Betätigung der beiden Verstelleinrichtungen 17, 18 kann erreicht werden, dass die Teilunwuchtmassen 16 auf eine der Hauptunwuchtmasse 15 gegenüberliegende Seite der Unwuchtwellen 2, 3 verschwenkt werden, so dass ihre Zentrifugalkräfte zu den Zentrifugalkräften der Hauptunwuchtmassen 15 entgegengesetzt gerichtet sind. Dementsprechend ist die resultierende Gesamtkraft gering, was beispielsweise gegen Ende eines Verdichtungsvorgangs oder auch zum Schutz eines bereits verdichteten Bodens zweckmäßig sein kann.

[0033] Fig. 2 zeigt ein Schema mit verschiedenen, vor allem für die Praxis relevanten Relativstellungen der Unwuchtwellen 2, 3 und der jeweils zugehörigen Hauptunwuchtmassen 15 und Teilunwuchtmassen 16. In Fig. 2 werden dabei jeweils nur End- bzw. Maximalstellungen der Phasenänderungseinrichtung 7 bzw. der Verstelleinrichtungen 17, 18 gezeigt. Selbstverständlich sind nahezu unendlich viele Zwischenstellungen möglich. Die schematisch dargestellten Unwuchtwellen 2, 3 sind in Form eines senkrechten Schnittes von Fig. 1 dargestellt.

[0034] Zu beachten ist, dass sich die Unwuchtwellen 2, 3 gegenläufig drehen und dementsprechend nur Momentaufnahmen gezeigt werden können. Ein großer Pfeil bedeutet eine große resultierende Gesamtkraft mit auf gleicher Seite liegenden Unwuchtmassen 15, 16, während ein kleiner Pfeil eine kleine resultierende Kraft mit gegenüberliegenden Unwuchtmassen 15, 16 bedeutet.

[0035] Je nach Einstellung der Phasenänderungseinrichtung 7 lässt sich die Richtung der vom Schwingungserreger

erzeugten gesamterresultierenden Kraft verändern, so dass wahlweise eine Schwingungsrichtung in Rückw- oder Vorwärtsrichtung, aber auch eine vertikale Schwingungsrichtung einstellbar ist. Bei Schwingung in vertikaler Richtung wird keine horizontale Kraftkomponente erzeugt, die eine Vibrationsplatte gegebenenfalls in der entsprechenden Richtung bewegen könnte.

[0036] Bei Verwendung des Schwingungserregers in einer Vibrationsplatte wird die Phasenänderungseinrichtung 7 für die Vor- und Rückwärtsbewegung der Vibrationsplatte betätigt. Der resultierende Kraftvektor aus beiden Unwuchtwellen wird entsprechend in seiner Richtung verstellt.

[0037] Bei synchronisierter, d. h. wegidentischer Betätigung der Verstelleinrichtungen 17, 18 wird mit geeigneten Steigungsrichtungen der Nuten 9 durch das relative Verschwenken der Teilunwuchtmassen 16 der  $\text{mr}$ -Wert verstellt, ohne dass sich die Phasenlage des resultierenden Kraftvektors ändert.

[0038] Bei einseitiger oder ungleicher, nicht synchronisierter Betätigung der Verstelleinrichtungen 17, 18 wird der  $\text{mr}$ -Wert der einzelnen Unwuchtwellen 2, 3 verändert. Eine Veränderung der Phasenlage des resultierenden Gesamtfiehkraftvektors in Größe und Richtung erfolgt dadurch ebenfalls, was ein großes Spektrum von Einstellungsmöglichkeiten bietet.

[0039] Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung in einem schematischen Schnitt in der Draufsicht.

[0040] Zur Vereinfachung werden nachfolgend nur die Unterschiede zwischen der zweiten Ausführungsform und der vorbeschriebenen ersten Ausführungsform erläutert, so dass gegenüber der ersten Ausführungsform unveränderte Bauelemente mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

[0041] Der wesentliche Unterschied zur ersten Ausführungsform liegt in der Gestaltung der zweiten Verstelleinrichtung (jetzt Bezugszeichen 19). Während die zweite Verstelleinrichtung 18 der ersten Ausführungsform mittels extern zugeführter Hydraulik ebenso fremdenergieversorgt und individuell ansteuerbar ist, wie die erste Verstelleinrichtung 17, weist die zweite Verstelleinrichtung 19 der zweiten Ausführungsform keine separate Energiezufuhr von außen und auch keine individuelle Ansteuerbarkeit auf. Weiterhin dient die Verstelleinrichtung 19 nicht mehr zur Verstellung der Phase zwischen Teil- und Hauptunwucht 15, 24, sondern zur Verstellung der Phasenlage zwischen der Teilunwucht 16 der ersten Welle und der Teilunwucht 24 der zweiten Welle.

[0042] Dies wird dadurch realisiert, dass die zweite Verstelleinrichtung 19 ein Zahnrad 20 aufweist, das mit einem an der Teilunwuchtmasse 16 der ersten Unwuchtwellen 2 befestigten Zahnrad 21 kämmt.

[0043] Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform ist eine zweite Unwuchtwellen 22 nicht vollständig im Erregergehäuse 1 gelagert. Vielmehr schließt sich an ihre eine Stirnseite eine frei drehbare Teilwelle 23 an, wobei die zweite Unwuchtwellen 22 und die Teilwelle 23 durch ein Wälzlager 23a verbunden sind und eine Einheit bilden, die ihrerseits im Erregergehäuse 1 gelagert ist.

[0044] Eine um die zweite Unwuchtwellen 22 drehbare Teilunwuchtmasse 24 ist mit der Teilwelle 23 fest verbunden. Im Übrigen umgibt die Teilunwuchtmasse 24 die Hauptunwuchtmasse 15 in der gleichen Weise wie bei der ersten Ausführungsform.

[0045] Die Teilwelle 23 ist als Hohlwelle ausgebildet und weist zwei einander parallel gegenüberliegende, sich parallel zur Achsrichtung erstreckende Schlitze 25 auf. Die Schlitze 25 werden senkrecht zur Achsrichtung durch einen Stift 26 durchdrungen, der in der Nabe des Zahnrads 20

ausgebildete schraubenförmige Nuten 27 eingreift. Die Nuten 27 verlaufen auf der Innenseite der Nabe des Zahnrads 20 mit einer axialen Erstreckung, die der axialen Länge der Schlitze 25 entspricht.

[0046] Der Stift 26 ist von einem Führungselement 28 gehalten, welches drehentkoppelt, aber im Übrigen form-schlüssig über eine Kolbenstange 29 mit dem Führungselement 12 der Phasenänderungseinrichtung 7 verbunden ist.

[0047] Die Zahnräder 20, 21 und die Zahnräder 5, 6 weisen den gleichen Durchmesser auf.

[0048] Nachfolgend wird die Funktionsweise der zweiten Ausführungsform erläutert.

[0049] Bei einer Betätigung der ersten Verstelleinrichtung 17 zur Veränderung der Phasenlage der Teilunwuchtmasse 16 auf der ersten Unwuchtwellen 2 wird die entsprechende Verschwenkbewegung über das Zahnrad 21, das Zahnrad 20, die Nuten 27 und den Schlitz 25 auf die Teilwelle 23 und damit letztendlich auf die Teilunwuchtmasse 24 der zweiten Unwuchtwellen 22 übertragen. Die Teilunwuchtmasse 24 wird somit in analoger Weise verschwenkt, wie die Teilunwuchtmasse 16 der ersten Unwuchtwellen 2. Eine Synchronisation der Bewegungen ist somit nicht erforderlich. Allerdings ist somit auch keine individuelle Verstellung der Phasenlage der Teilunwuchtmasse 24 auf der zweiten Unwuchtwellen 22 möglich.

[0050] Bei Veränderung der Phasenlage zwischen der ersten Unwuchtwellen 2 und der zweiten Unwuchtwellen 22 durch Betätigung der Phasenänderungseinrichtung 7 wird der Kolben 10 axial verlagert, was eine entsprechende axiale Verlagerung der Stifte 13 und 26 bewirkt. Dementsprechend werden – wie bereits in Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform erläutert – die zugehörigen Zahnräder 6 und 20 relativ zu der zweiten Unwuchtwellen 22 bzw. der zugeordneten Teilwelle 23 verschwenkt, so dass sich insgesamt die Phasenlage zur ersten Unwuchtwellen 2 verändert.

[0051] Verschiedene Einstellmöglichkeiten bei der zweiten Ausführungsform sind schematisch in Fig. 4 dargestellt. Auch hier bedeutet ein großer Pfeil, dass sich die Haupt- und die Teilunwuchtmasse auf der gleichen Seite befinden und somit eine große resultierende Schwingungsamplitude erzeugen, während ein kleiner Pfeil einer gegenüberliegenden Anordnung der Unwuchtmassen und damit einer geringen resultierenden Schwingungsamplitude entspricht.

[0052] Eine Betätigung der ersten Verstelleinrichtung 17 bewirkt bei der zweiten Ausführungsform für beide Unwuchtwellen 2, 22 die gleiche Veränderung des  $\text{mr}$ -Werts, ohne dass die Phasenlage des resultierenden Kraftvektors verändert wird.

[0053] Die Ansteuerung der Verstelleinrichtungen 17, 18, 19 und der Phasenänderungseinrichtung 7 kann auf mechanischem, hydraulischem oder elektrischem Wege erfolgen. Ohne Weiteres ist es möglich, entsprechende Regelalgorithmen vorzuschalten, die die Bedienbarkeit des Schwingungserregers erleichtern. Zu diesem Fall wird es zweckmäßig sein, zusätzlich Drehwinkelgeber, Positionsgeber, Positions- oder Wegsensoren, Beschleunigungsaufnehmer usw. zur Ermittlung der jeweiligen Kenngrößen vorzusehen.

[0054] Bei weiteren, nicht in den Figuren gezeigten Ausführungsformen ist es möglich, die Anordnung und das Zusammenwirken der Bauelemente zu verändern, ohne vom Grundprinzip der Erfindung abzuweichen. So können z. B. bei der ersten Ausführungsform gemäß Fig. 1 die Phasenänderungseinrichtung 7 und der Motor 4 in der Anordnung vertauscht werden, so dass der Motor 4 die zweite Unwuchtwellen 3 antreibt.

## Patentansprüche

1. Schwingungserreger, mit  
einer ersten Unwuchtwelle (2) und einer mit der ersten  
Unwuchtwelle (2) achsparallelen, formschlüssig ge- 5  
gelenäufig drehbar gekoppelten zweiten Unwuchtwelle  
(3; 22, 23), von denen eine drehend angetrieben ist; und  
mit  
einer Phasenänderungseinrichtung, die in die form- 10  
schlüssige Kopplung zwischen erster (2) und zweiter  
Unwuchtwelle (3; 22, 23) integriert ist, zum Verstellen  
der relativen Phasenlage beider Unwuchtwellen; wobei  
auf beiden Unwuchtwellen (2, 3; 2, 22, 23) je eine  
Hauptunwuchtmasse (15) und eine relativ zu der Haupt- 15  
unwuchtmasse bewegliche Teilunwuchtmasse (16; 24)  
angeordnet sind;  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
eine erste Verstelleinrichtung (17) zum aktiven Verstellen  
der Phasenlage zwischen der Haupt- und der Teil- 20  
unwuchtmasse (15, 16) der ersten Unwuchtwelle (2)  
vorgesehen ist; und dass  
eine zweite Verstelleinrichtung (18; 19) zum aktiven  
Verstellen der Phasenlage zwischen der Haupt- und der  
Teilunwuchtmasse (15, 16; 15, 24) der zweiten Un- 25  
wuchtwelle (3; 22, 23) vorgesehen ist.
2. Schwingungserreger nach Anspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass die Verstelleinrichtungen (17, 18)  
und die Phasenänderungseinrichtung (7) fremdenergie-  
versorgt sind und jeweils eine separate Ansteuerung 30  
aufweisen.
3. Schwingungserreger nach Anspruch 1 oder 2, da-  
durch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite  
Verstelleinrichtung (17, 18) unabhängig voneinander  
betätigbar sind.
4. Schwingungserreger nach Anspruch 1, dadurch ge- 35  
kennzeichnet, dass die erste Verstelleinrichtung (17)  
und die Phasenänderungseinrichtung (7) fremdenergie-  
versorgt sind und jeweils eine separate Ansteuerung  
aufweisen, und dass die zweite Verstelleinrichtung (19)  
nicht fremdenergieversorgt ist und keine eigene An- 40  
steuerung aufweist, sondern über die Wirkung der er-  
sten Verstelleinrichtung (17) und/oder der Phasenän-  
derungseinrichtung (7) angesteuert wird.
5. Schwingungserreger nach Anspruch 1 oder 4, da- 45  
durch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite  
Verstelleinrichtung (17, 19) derart formschlüssig ge-  
koppelt sind, dass eine durch die erste Verstelleinrich-  
tung (17) bewirkte Verstellung der Phasenlage von  
Haupt- und Teilunwuchtmasse (15, 16) auf der ersten 50  
Unwuchtwelle (2) eine gegensinnig analoge Verstel-  
lung der Phasenlage von Haupt- und Teilunwucht-  
masse (15, 24) auf der zweiten Unwuchtwelle (22, 23)  
bewirkt.
6. Schwingungserreger nach Anspruch 1, 4 oder 5, da- 55  
durch gekennzeichnet, dass  
die zweite Unwuchtwelle (22) und die von ihr getra-  
gene Hauptunwuchtmasse (15) fest miteinander ver-  
bunden sind; und dass  
die zweite Verstelleinrichtung (19) mit der Phasenän-  
derungseinrichtung (7) derart formschlüssig gekoppelt 60  
ist, dass eine durch die Phasenänderungseinrichtung  
(7) bewirkte Verstellung der Phasenlage von erster und  
zweiter Unwuchtwelle (2, 22) eine analoge Verstellung  
der Phasenlage der Teilunwucht (24) auf der zweiten 65  
Unwuchtwelle (22) bewirkt.
7. Schwingungserreger nach einem der Ansprüche 1  
bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Hauptun-  
wuchtmassen (15) auf der zugehörigen Unwuchtwelle

- (2, 3; 2, 22) befestigt ist und dass die zugehörige Teil-  
unwuchtmasse (16; 24) relativ zu der Hauptunwucht-  
masse (15) unter Ansteuerung der entsprechenden Ver-  
stelleinrichtung (17, 18; 19) verdrehbar ist.
8. Schwingungserreger nach einem der Ansprüche 1  
bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilunwucht-  
massen (16; 24) als die Hauptunwuchtmassen (15)  
übergreifende Halbschalen ausgebildet sind.
9. Schwingungserreger nach einem der Ansprüche 1  
bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrich-  
tungen (17, 18; 19) und die Phasenänderungseinrich-  
tung (7) jeweils eine beliebige, kontinuierliche Ände-  
rung und eine Fixierung der jeweiligen Phasenlagen er-  
möglichen.
10. Schwingungserreger nach einem der Ansprüche 1  
bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlagen in  
einem Bereich bis zu 360° veränderbar sind.
11. Schwingungserreger nach einem der Ansprüche 1  
bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweils  
fremdenergieversorgten Verstelleinrichtungen (17, 18;  
19) oder die Phasenänderungseinrichtung (7) jeweils  
einen elektromotorischen, elektromagnetischen, hy-  
draulischen oder pneumatischen, axial wirkenden  
Stellantrieb aufweisen.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

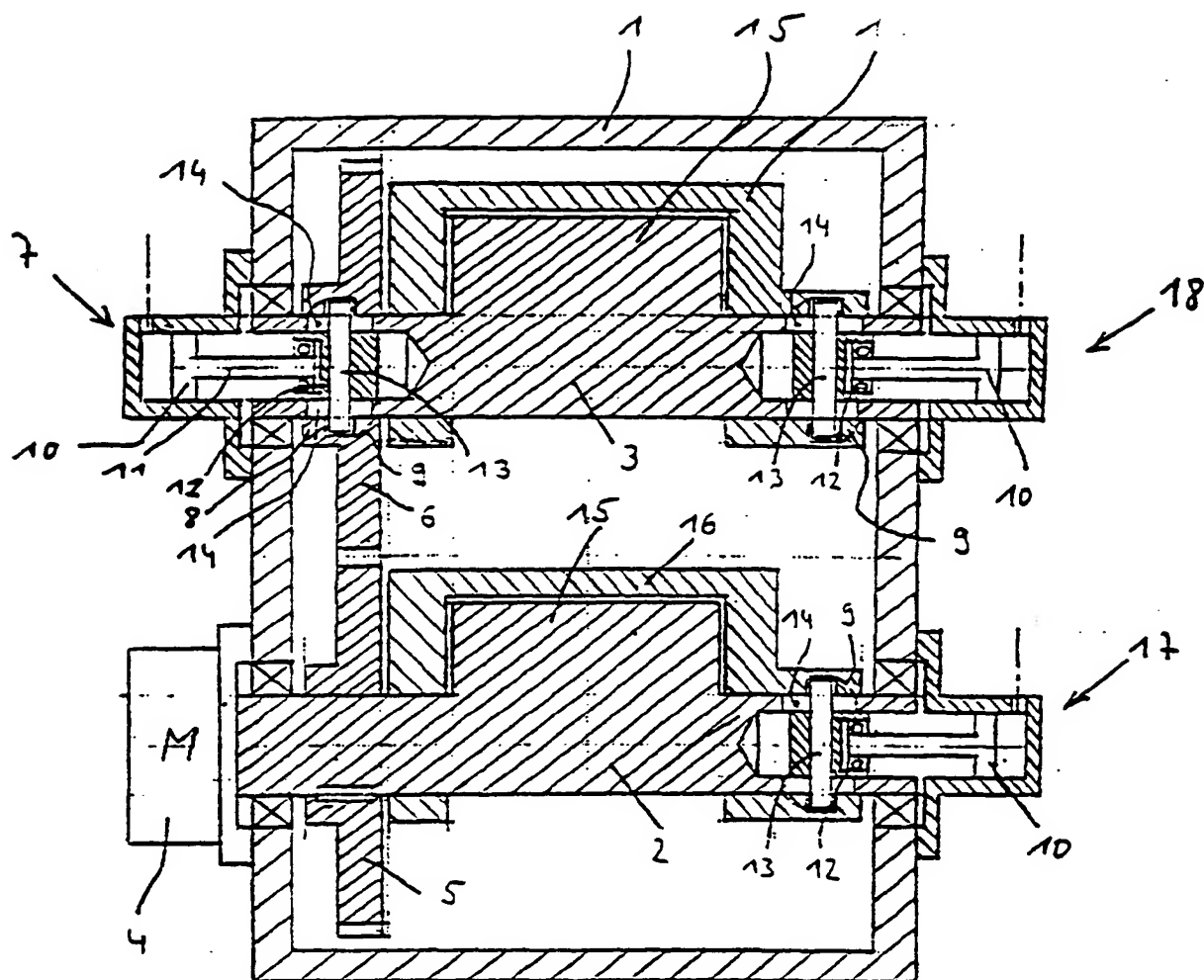
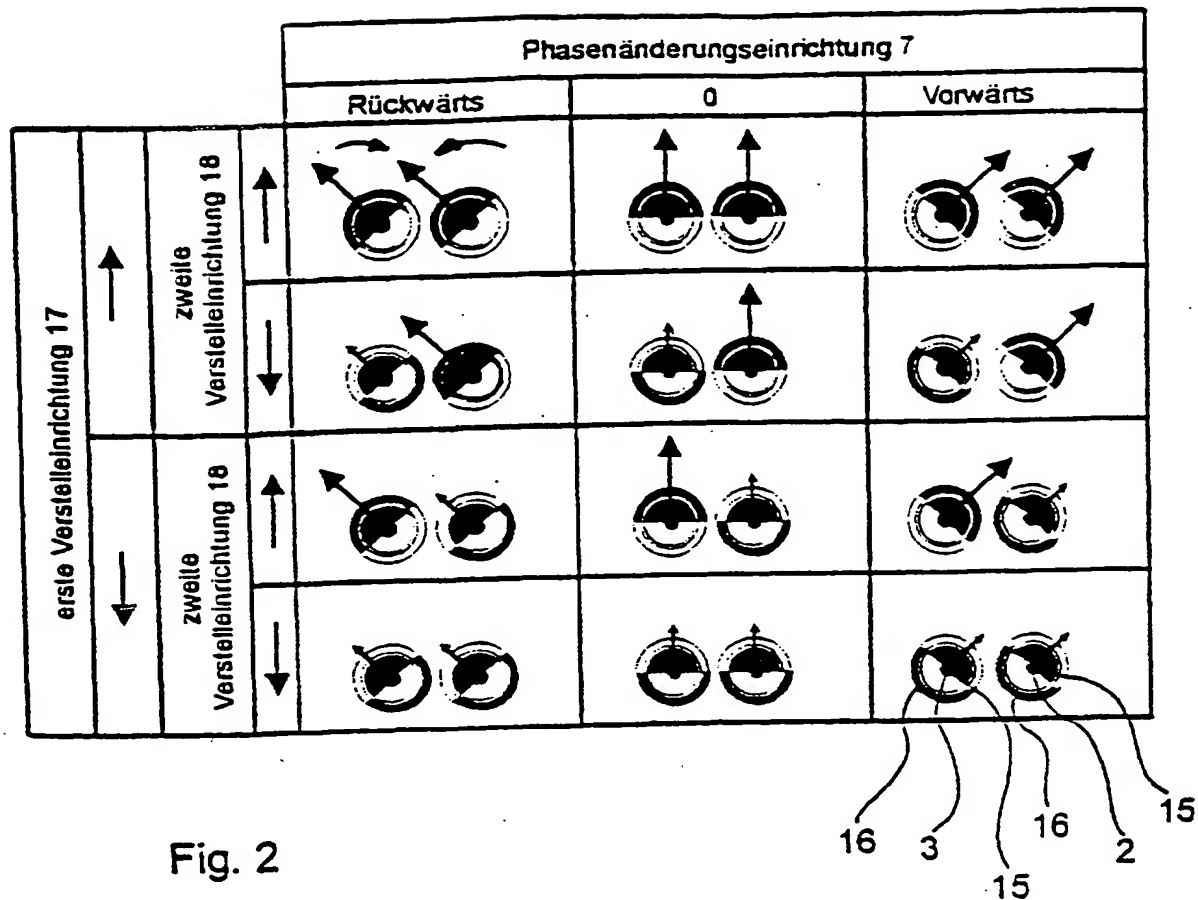


Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY

101 680/317

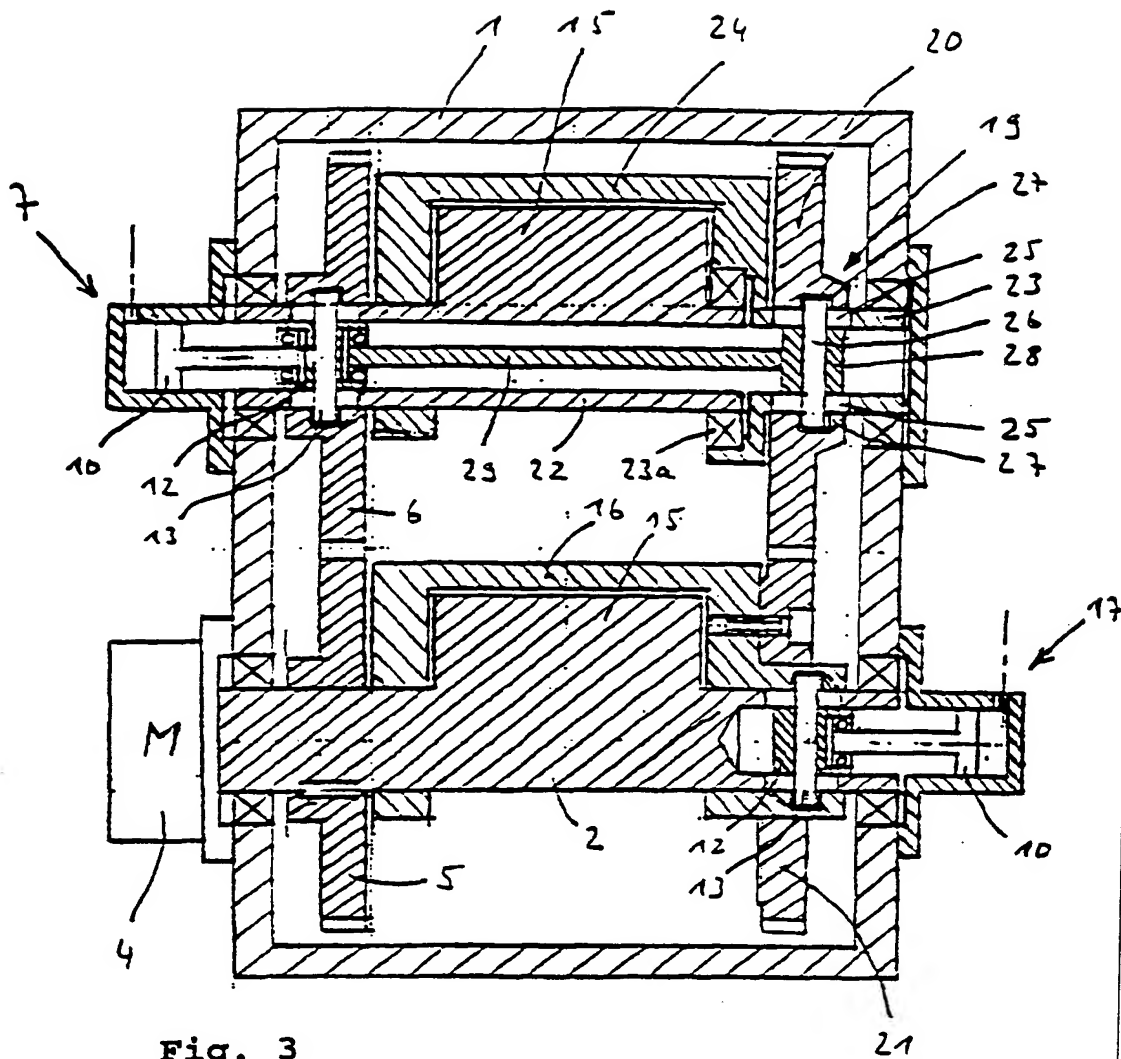


Fig. 3

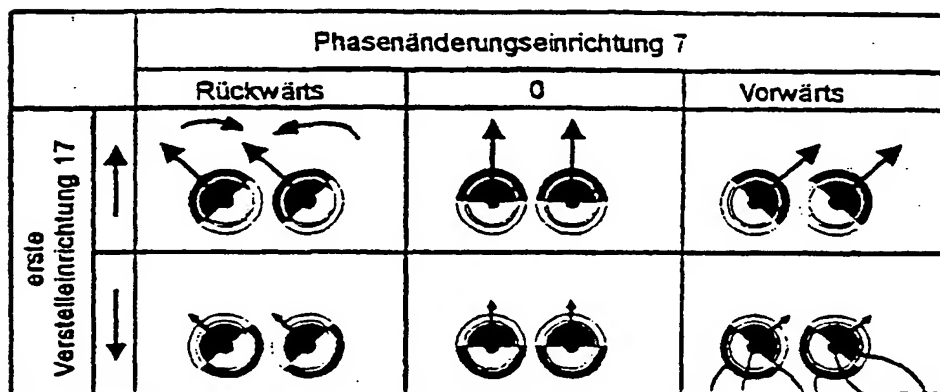


Fig. 4

24 22 16 2 15